

中华人民共和国国家生态环境标准

HJ 1406—2024

入河入海排污口监督管理技术指南 入海排污口设置论证技术导则

Technical guideline for supervision and management of sewage outfalls
into environmental water bodies—Technical guideline for demonstration
of setting up sewage outfalls into sea

本电子版为正式标准文件，由生态环境部标准研究所审校排版。

2024-12-28 发布

2025-02-01 实施

生态环境部 发布

目 次

前言	II
1 适用范围	1
2 规范性引用文件	1
3 术语和定义	1
4 总则	2
5 合法性分析	4
6 论证分级与范围确定	4
7 海洋生态环境现状调查与评价	6
8 海洋生态环境影响预测与评估	9
9 污染物排放总量分析	12
10 合理性分析	13
11 论证结论	14
附录 A（资料性附录） A、B、C类污染物质名录	15
附录 B（资料性附录） 入海排污口设置论证报告编制提纲	16
附录 C（资料性附录） 污染源调查	18
附录 D（规范性附录） 排污混合区经验估算公式	19
附录 E（资料性附录） 浮射羽流模拟方法简介	20

前 言

为贯彻《中华人民共和国海洋环境保护法》《中华人民共和国防治陆源污染物污染损害海洋环境管理条例》《中华人民共和国防治海岸工程建设项目污染损害海洋环境管理条例》《入海排污口监督管理办法（试行）》等，指导、规范入海排污口的设置论证，防治海洋环境污染，制定本标准。

本标准规定了入海排污口设置论证的基本任务、原则、程序、范围、内容、方法及其技术要求。

本标准的附录 A～附录 C、附录 E 为资料性附录，附录 D 为规范性附录。

本标准首次发布。

本标准由生态环境部海洋生态环境司、法规与标准司组织制订。

本标准主要起草单位：生态环境部华南环境科学研究所、国家海洋环境监测中心、海油环境科技（北京）有限公司。

本标准生态环境部 2024 年 12 月 28 日批准。

本标准自 2025 年 2 月 1 日起实施。

本标准由生态环境部解释。

入河入海排污口监督管理技术指南

入海排污口设置论证技术导则

1 适用范围

本标准规定了入海排污口设置论证的基本任务、原则、程序、范围、内容、方法及其技术要求等。本标准适用于入海排污口设置论证工作。

2 规范性引用文件

本标准引用了下列文件或其中的条款。凡是注明日期的引用标准，仅注日期的版本适用于本标准。凡是未注日期的引用标准，其最新版本（包括所有的修改单）适用于本标准。其他文件被新文件废止、修改、修订的，新文件适用于本标准。

GB 3097 海水水质标准
GB 8978 污水综合排放标准
GB 17378（所有部分）海洋监测规范
GB 18421 海洋生物质量
GB 18486 污水海洋处置工程污染控制标准
GB 18668 海洋沉积物质量
GB/T 12763（所有部分）海洋调查规范
HJ 2.3 环境影响评价技术导则 地表水环境
HJ 19 环境影响评价技术导则 生态影响
HJ 442（所有部分）近岸海域环境监测技术规范
HJ 1310 入河入海排污口监督管理技术指南 名词术语
HJ 1409 环境影响评价技术导则 海洋生态环境
HY/T 215 近岸海域海洋生物多样性评价技术指南
SC/T 9110 建设项目对海洋生物资源影响评价技术规程
建设项目环境影响评价分类管理名录

3 术语和定义

HJ 1310 界定的以及下列术语和定义适用于本标准。

3.1

入海排污口 **sewage outfalls into sea**

法定海岸线向海一侧，直接或者通过管道、沟、渠等排污通道向海洋环境水体排放污水的口门。

3.2

入海排污口设置 **setting up of sewage outfalls into sea**

入海排污口的新建、改建和扩大。

3.3

污水扩散器 **sewage diffuser**

沿着管道轴线设置多个出水口，使污水从水下分散排出的设施，有直线型、L型和Y型等。

3.4

混合区 **mixing zone**

一般指污水自排放口（扩散器）连续排出，各个瞬时造成附近水域污染物浓度超过该水域水质目标限值的平面范围的叠加（亦即包络）称为混合区。

3.5

海洋生态敏感区 **marine ecological sensitive area**

海洋生态功能与价值较高，且遭受损害后较难恢复其功能的海域。主要包括依法依规划定的国家公园、自然保护区、自然公园等自然保护地、世界自然遗产、生态保护红线、河口、海湾、海岛，重要水生生物天然集中分布区、栖息地及产卵场、索饵场、越冬场和洄游通道（以下简称“三场一通道”），特殊生境（红树林、珊瑚礁、海草床和海藻场等），水产种质资源保护区，海洋自然人文历史遗迹和自然景观等。

4 总则

4.1 基本任务

在分析入海排污口初步设置方案合法基础上，开展海洋生态环境现状调查和海洋环境保护目标分析，预测和评价入海排污口设置后对海水水质、海洋沉积物质量、海洋生态的影响范围与影响程度，进行合理性分析，提出污染物排放量控制要求，给出入海排污口设置方案，并提出对应的海洋生态环境保护措施建议。

4.2 基本原则

4.2.1 分级论证原则

入海排污口的设置应当根据不同类型海域特征和入海排污口排污特征，采用相应的论证工作等级和工作内容。

4.2.2 离岸排放原则

入海排污口应尽可能设置在扩散稀释能力较强的海域，并适度集中合并建设，最大限度减少排污对海域和海岸线生态环境影响；在有条件的地区，入海排污口应离岸深水设置。

4.2.3 目标符合原则

因排污引起的海水环境质量等超过目标值的范围应当被控制在排污混合区内，且排污混合区外的海水水质、海洋沉积物质量和海洋生物质量等应符合生态环境保护目标要求。

4.3 基本要求

4.3.1 入海排污口设置应当充分考虑入海排污口类型、污水特征、海洋生态环境敏感程度、周边污染源叠加影响等，按要求进行分析论证与规范设置，综合分析并选择对生态环境影响小的方案。对符合排污口布局规划的，单个入海排污口设置论证的合理合法性分析可视情简化。

4.3.2 应当合理利用海水自净能力，入海排污口尽可能设置在迁移扩散和稀释能力较强的水域，并避

开由岬角等特定地形引起的涡流区。

4.3.3 利用污水扩散器的入海排污口，扩散器铺设要求参照 GB 18486 执行。海岸工程采用暗沟或者管道方式排放的，出水管口位置应当在低潮线以下。

4.3.4 排污规模小、分布相对密集的同类入海排污口原则上合并设置。

4.3.5 在海洋环境质量不达标海域设置含超标污染物入海排污口的，应不影响海洋环境质量改善。

4.3.6 入海排污口设置不得影响鱼类繁殖与洄游，不得影响排污混合区外邻近功能区的使用功能，不得导致排污混合区以外生物群落结构退化，不得导致有毒物质在环境水体、沉积物和生物体中富集到有害程度。

4.3.7 禁止在自然保护地、重要渔业水域、海水浴场、生态保护红线区域及其他需要特别保护的区域，新设工业入海排污口和城镇污水处理厂入海排污口，严格控制在封闭海域新建排放 A 类污染物质（参见附录 A）的入海排污口；严格控制在海湾、半封闭海域及其他自净能力较差的海域新增含有有机物和营养物质的工业废水、生活污水的入海排污口。

4.4 工作程序

入海排污口设置分析论证工作分为合法性论证、合理性论证和报告编制三个阶段，详情如图 1 所示。

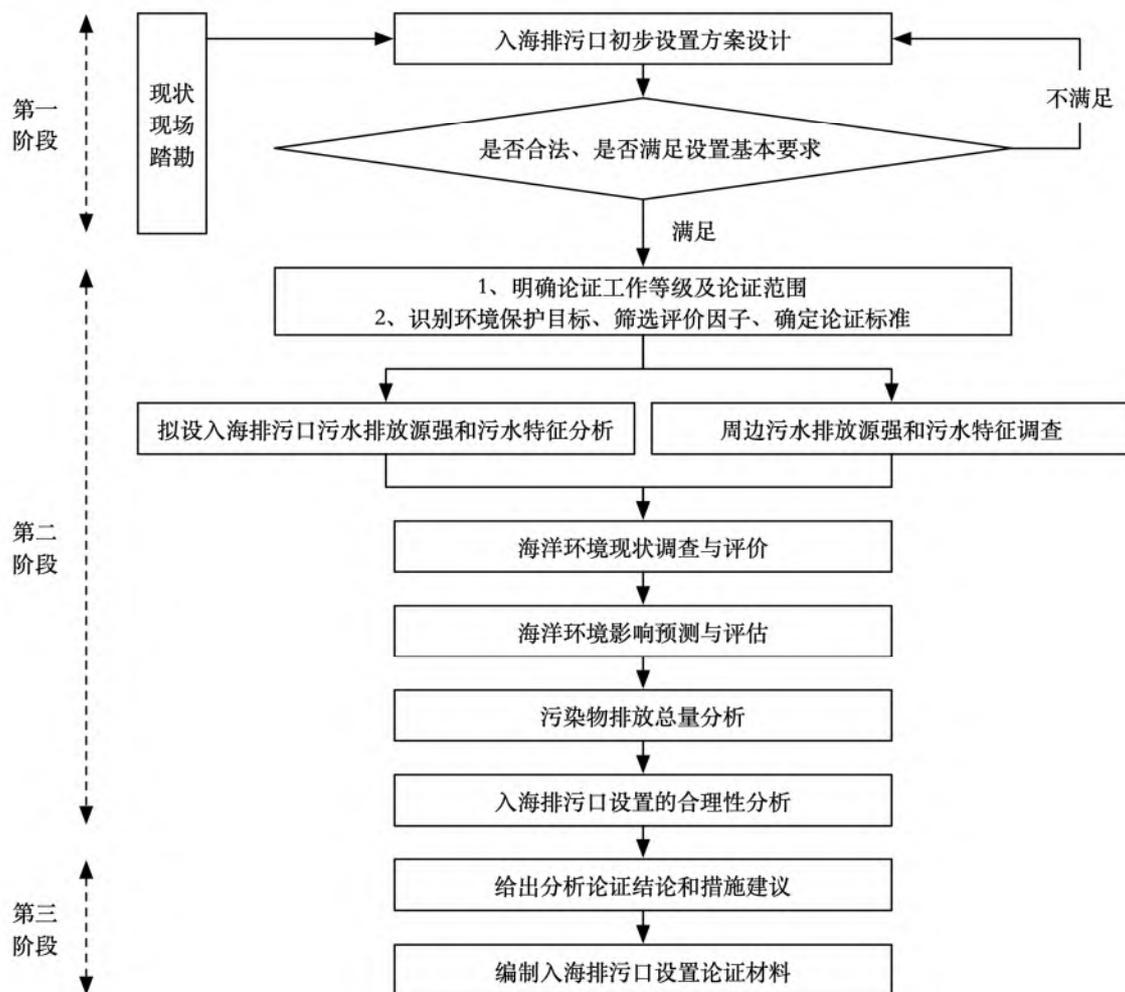


图 1 入海排污口设置论证工作程序

第一阶段为合法性论证，主要为分析入海排污口设置与相关涉海法律法规的相符性。

第二阶段为合理性论证，主要为分析对海洋生态环境的影响，一是前期准备，明确论证工作等级和论证范围，识别环境保护目标，筛选评价因子，确定论证标准。二是技术论证，开展水文动力条件调查与分析，入海排污口及周边污水排放源强与污水特征调查，海水水质、海洋沉积物质量、海洋生态现状调查与评价，海水水质、海洋沉积物、海洋生态影响预测与评估，论证污染物排放总量和浓度控制要求。

第三阶段为报告编制，主要为对论证资料进行汇总分析，给出论证结论并提出措施建议。

5 合法性分析

分析入海排污口设置的合法性，包括与相关涉海法律法规的相符性，与国土空间用途管制、生态环境分区管控要求、入海排污口布局规划等的相符性，明确给出入海排污口设置合法性分析结论。

6 论证分级与范围确定

6.1 论证工作等级

6.1.1 根据污水特征、污水量规模、生态环境敏感程度及海域特征等，划分入海排污口论证工作等级为 1、2、3 级，见表 1~3。对于表格中未涵盖的，按相近的类型确定论证工作等级。

6.1.2 入海排污口排放不同特征污染物的，分别确定各类特征污染物对应的论证工作等级，取其中的最严等级作为入海排污口设置论证工作等级。

6.1.3 同一区域同类型的入海排污口，可合并开展论证。对于多个入海排污口合并开展论证的，综合所有入海排污口的特征，考虑其叠加影响确定论证工作等级。

6.1.4 入海排污口设置有多个比选方案的，分别确定各方案论证工作等级。

6.1.5 水产养殖入海排污口论证工作等级按下表判定为 1、2 级的，可降一个等级。

6.1.6 按照《建设项目环境影响评价分类管理名录》要求，仅要求做登记表的建设项目，其入海排污口设置论证参照 3 级要求开展。

6.1.7 入海排污口设置论证报告编制提纲参见附录 B，依据论证工作等级可对其章节酌情增减。

表 1 排放 A 类污染物^a的入海排污口设置论证工作等级分级

排污规模 a ($10^4\text{m}^3/\text{d}$) ^b	是否邻近海洋生态敏感区 ^c 或者处于封闭海域 ^d	论证工作等级 ^e
$a \geq 0.5$	是	1
$a < 0.5$		2
$a \geq 2$	否	1
$0.5 \leq a < 2$		2
$a < 0.5$		3

^a A 类污染物参见附录 A。

^b 排污规模 a ($10^4\text{m}^3/\text{d}$) 按照最大日平均排放量划分，若排放时间小于 1 天的按照 1 天折算。 a 值应当包括拟设入海排污口全部污水排放量。

^c 当排污规模分别为 $a < 0.5$ 、 $0.5 \leq a < 1$ 、 $1 \leq a < 2$ ，若拟设入海排污口距海洋生态敏感区边界分别小于或等于 4 km、5 km、6 km 时，其生态环境类型属于邻近海洋生态敏感区。

^d 海域特征根据湾口宽度与海岸线长度之比 T 划分。 $T < 0.01$ 为“封闭海域”。

^e 包括海水水质、海洋沉积物质量、海洋生态论证工作等级。

表 2 排放 B 类污染物质^a的入海排污口设置论证工作等级分级

排污规模 a ($10^4\text{m}^3/\text{d}$) ^b	是否邻近海洋生态敏感区 ^c 或者处于封闭海域 ^d	论证工作等级 ^e
$a \geq 5$	是	1
$a < 5$		2
$a \geq 20$	否	1
$5 \leq a < 20$		2
$a < 5$		3

^a B 类污染物质参见附录 A。
^b 排污规模 a ($10^4\text{m}^3/\text{d}$) 按照最大日平均排放量划分, 若排放时间小于 1 天的按照 1 天折算。 a 值应当包括拟设入海排污口全部污水排放量。
^c 当排污规模分别为 $a < 5$ 、 $5 \leq a < 10$ 、 $10 \leq a < 20$, 若拟设入海排污口距海洋生态敏感区边界分别小于或等于 8 km、12 km、16 km 时, 其生态环境类型属于邻近海洋生态敏感区。
^d 海域特征根据湾口宽度与海岸线长度之比 T 划分。 $T < 0.01$ 为“封闭海域”。
^e 包括海水水质、海洋沉积物质量、海洋生态论证工作等级。

表 3 排放 C 类污染物质^a的入海排污口设置论证工作等级分级

排污规模 a ($10^4\text{m}^3/\text{d}$) ^b	是否邻近海洋生态敏感区 ^c 或者处于封闭海域 ^d	论证工作等级 ^e
$a \geq 50$	是	1
$a < 50$		2
$a \geq 500$	否	1
$50 \leq a < 500$		2
$a < 50$		3

^a C 类污染物质参见附录 A。
^b 排污规模 a ($10^4\text{m}^3/\text{d}$) 按照最大日平均排放量划分, 若排放时间小于 1 天的按照 1 天折算。 a 值应当包括拟设入海排污口全部污水排放量。
^c 当排污规模分别为 $a < 50$ 、 $50 \leq a < 250$ 、 $250 \leq a < 500$, 若拟设入海排污口距海洋生态敏感区边界分别小于或等于 2 km、4 km、8 km 时, 其生态环境类型属于邻近海洋生态敏感区。
^d 海域特征根据湾口宽度与海岸线长度之比 T 划分。 $T < 0.01$ 为“封闭海域”。
^e 包括海水水质、海洋生态论证工作等级。

6.2 论证范围

根据论证工作等级、排污规模、海洋生态敏感区分布情况, 以入海排污口为起点, 划定论证范围。具体要求为: 1 级、2 级和 3 级论证项目在潮流主流向的扩展距离分别不小于 15 km、10 km 和 2.5 km。对于涉及海洋生态敏感区的, 论证范围适当扩展。

6.3 海洋环境保护目标

海洋环境保护目标为论证范围内的所有海洋生态敏感区及需要特殊保护的對象。

6.4 论证过程中适用的标准

按照海洋环境功能区划、国土空间规划或近岸海域生态环境分区管控, 按照就高不就低的要求, 确定论证过程中适用的生态环境质量、生态环境风险管控及污染物排放等标准。

7 海洋生态环境现状调查与评价

7.1 总体要求

7.1.1 海洋生态环境现状调查包括区域污染源、海水水质、海洋沉积物质量及海洋生态，需要开展数值模拟的入海排污口设置论证，还应获得满足预测要求的水文动力现状数据，总体参照 HJ 1409、HJ 2.3 要求。对于只排放浓盐水和温/冷排水的，主要开展海水水质、海洋生态中的生物生态与渔业资源现状调查与评价。

7.1.2 排污混合区内、排污混合区边缘控制线附近均需布设调查站位。

7.1.3 调查与评价范围应覆盖论证范围，并以平面图表示其涉及范围。

7.2 资料收集

充分收集和利用现有的有效数据资料，收集的有效现状资料需覆盖海水水质、海洋沉积物质量、海洋生态等论证范围。现状数据、历史数据的获取和使用，数据有效性相关要求参照 HJ 1409 要求。当收集的资料不能满足论证要求时应补充现场调查与观测。

7.3 区域污染源调查与分析

开展区域污染源调查，分析拟设入海排污口污水和周边污水排放源强和污水特征，调查范围包括但不限于拟设置入海排污口及后方建设项目，区域在建、已建、拟建入海排污口及同一海域入海河流等。具体调查信息参见附录 C。

7.4 海水水质现状调查与评价

7.4.1 一般要求

海水水质现状调查和监测方法参照 GB 17378、HJ 442 要求，海水水质现状评价方法一般采用单点位的单因子标准指数法，指数计算公式参考 HJ 2.3。分层采样的点位采用多层数据的平均值进行评价。

7.4.2 调查因子

海水水质调查因子包括常规因子和特征因子。常规因子参照 HJ 1409；特征因子根据污水排放特征、海域污染特征、环境保护目标及分析论证要求等选定，至少包含：

- a) 行业污染物排放标准中涉及的水污染物；
 - b) 入海排污口排放的且为受纳水体的海水水质超标污染物或潜在超标污染物；
 - c) 入海排污口排放的可能导致受纳水体富营养化的有关污染物；
 - d) 入海排污口排放的且对生态和人体健康影响较大的污染物。
- 只排放浓盐水和温/冷排水等的，可仅调查相应的特征因子。

7.4.3 调查时间、频次及站位布设要求

站位布设遵循随机均匀、重点代表原则，调查站位应能反映各生态环境管控单元、各海洋生态敏感区的环境质量，并满足环境影响模拟预测的要求，具体要求见表 4。

表 4 水质现状调查时间、频次及站位要求

分析论证等级	调查时间和频次	调查站位数（个）		
		总数	排污混合区内数量	排污混合区边缘控制线附近数量
1 级	选择有代表性的两个季节调查，至少进行不利季节调查	≥12	≥1	≥3
2 级	选择有代表性的一个季节调查	≥8	≥1	≥3
3 级	根据论证需要选择是否开展调查，若开展调查其要求不高于 2 级			
<small>注¹</small> 对间歇排水的入海排污口，应在主要排污时段开展调查。 <small>注²</small> 1 级评价原则上应选择有代表性的两个季节调查，若涉及离岸较远或季节差异较小等海域，可选择其中一个不利季节开展调查，并说明选择原因。 <small>注³</small> 温（冷）排水建设项目的的评价时段宜选择夏季和冬季。 <small>注⁴</small> 每季监测一期，均选择大潮期或小潮期中的一个潮期开展调查（无特殊要求时，可不考虑一个潮期内高潮期、低潮期的差别），根据影响程度定性判别和选择大潮期或小潮期作为调查潮期。 <small>注⁵</small> 排污混合区与邻近功能区海域范围的调查站位不得少于总调查站位数的 1/2；至少需布设 1 个对照站位。 <small>注⁶</small> 布设调查站位时，可采用附录 D、附录 E 的方法估算排污混合区范围。				

7.4.4 现状评价

评价内容包括：

- a) 1 级和 2 级论证要选择项目排放的特征污染物指标，统计分析区域的水质环境演变历史趋势和特点，重点分析排污混合区、海洋生态敏感区与其他海洋环境保护目标区域的历史演变态势，3 级论证可不进行此项分析；
- b) 1 级和 2 级论证要给出各监测站位样品数、评价因子浓度变化范围、平均浓度、超标率、最大超标倍数等，并给出达标与否的评价结论，明确超标因子、超标程度，分析超标原因，3 级论证结合调查开展情况进行此项分析。

7.5 海洋沉积物质量现状调查与评价

7.5.1 一般要求

海洋沉积物质量现状调查和监测方法参照 GB 17378、HJ 442 要求，海洋沉积物质量现状评价方法采用单点位的单因子标准指数法，指数计算公式参考 HJ 2.3。

7.5.2 调查因子

海洋沉积物质量调查因子包括常规因子和特征因子。常规因子参照 HJ 1409 选定；特征因子根据污水排放特征、海域污染特征、环境保护目标及分析论证要求等选定，至少包含：

- a) 入海排污口排放存在累积效应的污染物；
- b) 入海排污口排放的且在排放区域的海洋沉积物中超标的污染物或潜在超标污染物。

7.5.3 调查时间、频次及站位布设要求

7.5.3.1 调查时间与海水水质现状同步，选择有代表性的季节开展一次调查。

7.5.3.2 调查站位布设可与海水水质相同，站位数量应不少于海水水质调查（表 4）的 50%，1 级和 2 级论证至少包括排污混合区内站位及排污混合区边缘控制线附近站位各 1 个。

7.5.4 现状评价

评价内容包括：

- a) 1 级和 2 级论证要统计分析区域的海洋沉积物环境演变历史趋势和特点，重点分析海洋生态敏感区与其他海洋环境保护目标区域的历史演变态势，3 级论证可不进行此项分析；
- b) 1 级和 2 级论证要给出各监测站位样品数、评价因子浓度变化范围、平均浓度、超标因子、超标率、最大超标倍数等，分析超标原因，并给出评价结论，3 级论证结合调查开展情况进行此项分析。

7.6 海洋生态现状调查与评价

7.6.1 生物生态与渔业资源现状调查与评价

7.6.1.1 一般要求

现状调查与评价内容、海洋生态敏感区及渔业生产等相关数据资料收集内容参照 HJ 1409 确定，现状调查方法参照 GB/T 12763.1、GB/T 12763.6、GB/T 12763.9、GB 17378.1、GB 17378.3、GB 17378.7、HJ 442.1、HJ 442.6 和 SC/T 9110 要求，现状评价方法参照 GB/T 12763.9、SC/T 9110、HY/T 215 要求。

7.6.1.2 调查因子

生物生态与渔业资源调查因子参照 HJ 1409 选定，至少包含：叶绿素 a、初级生产力，浮游植物、浮游动物、底栖生物、潮间带生物、鱼卵仔稚鱼和游泳生物。

7.6.1.3 调查时间、频次及站位布设要求

调查时间、频次及站位布设要求如下：

- a) 调查时间和频次要求与海水水质现状调查一致；
- b) 调查站位布设可与海水水质相同，生物生态调查站位数量应不少于海水水质调查（表 4）的 60%，至少包括排污混合区内站位和排污混合区边缘控制线附近站位各 1 个；游泳生物调查站位与航线应覆盖调查海域，至少包括排污混合区内站位 1 个；鱼卵仔稚鱼调查站位与生物生态一致；潮间带生物调查断面 1 级论证应不少于 3 条，2 级论证应不少于 2 条。调查站位应具有代表性，如调查范围内分布有海洋生态敏感区，应在海洋生态敏感区内适当增设反映其生态环境及生物资源现状的调查站位。

7.6.1.4 现状评价

评价内容包括：

- a) 1 级和 2 级论证要结合现状调查情况，收集调查海域历史数据资料，分析调查海域生物生态与渔业资源状况、海域生物多样性的变化趋势及其影响因素，重点分析排污混合区和海洋生态敏感区的历史演变态势，3 级论证可不进行此项分析；
- b) 1 级和 2 级论证要分析调查海域叶绿素 a、初级生产力浓度范围、分布特点，浮游植物、浮游动物、底栖生物、潮间带生物、鱼卵仔稚鱼和游泳生物等的种类组成、优势种及其优势度、密度（丰度）、生物量、群落特征、资源状况、分布特点；参照 HY/T 215 分析调查海域的生物多样性现状，3 级论证结合调查开展情况进行此项分析。

7.6.2 生物质量现状调查与评价

7.6.2.1 一般要求

生物质量现状调查因子、调查方法、评价标准和评价方法参照 HJ 1409、GB 17378.1、GB 17378.3、GB 17378.6、GB 18421、HJ 442.1、HJ 442.5 要求；其中，样品采集与种类选择参照 HJ 442.5 要求。

7.6.2.2 调查因子

生物质量现状调查因子包括常规因子和特征因子。常规因子参照 HJ 1409 选定；特征因子根据污水排放特征、海域污染特征、环境保护目标及分析论证要求等选定，至少包含：

- a) 入海排污口排放存在累积效应的污染物；
- b) 入海排污口排放的且在排放区域的生物质量中超标的污染物或潜在超标污染物。

7.6.2.3 调查时间、频次及站点布设要求

调查时间、频次及站位布设要求如下：

- a) 生物质量现状调查样品主要结合生物生态和渔业资源现状调查获取，相关调查时间及站位布设要求见 7.6.1.3，选择有代表性的季节开展一次调查；
- b) 应选取调查范围内有代表性的贝类、甲壳类、定居性鱼类、其他软体动物和海草、大型藻类（海草床、海藻场海域）样品，优先选取双壳贝类样品。1 级论证不少于 5 个样品（类型原则上不少于 3 类），2 级论证不少于 3 个样品（类型原则上不少于 2 类）。

7.6.2.4 现状评价

评价内容包括：

- a) 1 级和 2 级要结合现状调查情况，收集调查海域历史数据资料，统计分析区域的生物质量变化趋势及其影响因素，重点分析排污混合区、海洋生态敏感区的历史演变态势，3 级论证可不进行此项分析；
- b) 1 级和 2 级论证要给出各调查因子浓度变化范围、平均浓度、超标率、最大超标倍数等，并评价达标情况，明确超标因子、超标程度，分析超标原因，3 级论证结合调查开展情况进行此项分析。

8 海洋生态环境影响预测与评估

8.1 总体要求

8.1.1 海域生态环境影响预测评估包括海水水质、海洋沉积物质量及海洋生态，应参照 HJ 1409、HJ 2.3 要求。对于只排放浓盐水和温/冷排水的，主要开展海水水质、海洋生态中的生物生态与渔业资源影响评估。

8.1.2 海洋生态环境影响预测与评估应覆盖论证范围。

8.2 海水水质环境影响预测

8.2.1 预测因子

根据工程分析和海水水质现状调查与评价结果，重点选择与受纳水体水质关系密切、有代表性的因子开展预测分析。

8.2.2 预测方法

8.2.2.1 一般情况下宜选用数值模拟法，有条件时 1 级论证的温排水入海排污口同时采用物理模型法。排放口近区宜采用三维数值模型，平均水深小于 10 m 且潮混合较强烈、各要素垂向分布较均匀的宽浅海域，可采用二维数值模型近似描述海水运动，参照 HJ 1409；亦可采用其他成熟的数值模型和方法，优先选用国家生态环境主管部门发布的推荐模型。3 级论证可采用简单公式求解，参照 HJ 2.3。

8.2.2.2 采用数值模型法进行预测时，基础数据要求、初始条件、边界条件、验证精度等参照 HJ 1409 要求，还应满足以下要求：

- a) 海流数值模拟考虑主要入海河流、季风环流等的影响；
- b) 入海排污口附近海域应有海流验证点；
- c) 预测时段选取具有代表性的季节且包含有实测海流验证的时段，1 级论证分别选取两个代表季节时段，至少选择不利季节的时段，2 级论证至少选择一个代表季节的时段；模拟时段至少覆盖连续的大、中、小潮，包含持久性污染物的应适当延长模拟时段；
- d) 1 级和 2 级论证，其入海排污口附近的网格空间分辨率应基本能反映排污混合区及附近海域浓度变化；
- e) 在模型参数确定的基础上，通过模型计算结果与实测值进行比较分析，说明模型的适用性、误差及精度。

8.2.3 预测内容

预测内容包括：

- a) 按各入海排污口预选方案分别进行模拟计算。拟设入海排污口排放的污染物属于现状水质不达标项目的，应考虑所在区域环境质量目标要求情景的模拟预测；
- b) 1 级和 2 级论证应附有各水质预测因子的增值浓度包络浓度场图，并标出各生态环境管控单元与海洋生态敏感区范围、海洋环境保护目标或关心点位置。水质预测增值叠加背景浓度作为预测浓度。背景浓度的取值应具有代表性，参照 HJ 1409；
- c) 影响预测应考虑论证范围内在建、已建和拟建入海排污口排放同类（种）污染物的叠加影响；
- d) 在封闭海域排放 A 类污染物质的，应进行累积性影响预测。

8.2.4 预测结论

预测结论包括：

- a) 考虑叠加影响的情况下，各入海排污口预选方案对生态环境管控单元水质的影响范围与程度，明确论证海域水质是否能满足环境质量目标要求；对现状不达标海域，明确是否满足区域环境质量目标要求；
- b) 考虑叠加影响的情况下，各入海排污口预选方案对海洋生态敏感区、其他海洋环境保护目标的水质影响范围与程度，明确给出影响结论；
- c) 对入海排污口排放可能导致富营养化的，给出各入海排污口预选方案对论证海域富营养化水平的影响范围与程度。对入海排污口排放毒性较大、对生态和人体健康影响较大的，明确给出各入海排污口预选方案对论证海域水质的长期影响程度；
- d) 封闭海域排放 A 类污染物质的，给出累积性影响程度。

8.3 海洋沉积物环境影响评估

8.3.1 评估因子

根据排放的水污染物类别与海洋沉积物质量现状调查和评价结果，按代表性原则确定沉积物影响评估因子，所选取的评估因子应能反映排放的污水对海洋沉积物环境的影响状态。

8.3.2 评估方法

参照 HJ 1409 相关要求，可采用类比分析等进行半定量或定性评估。

8.3.3 评估内容

评估内容包括：

- a) 正常排放条件下，结合评估因子特性，评估分析各入海排污口预选方案长期连续排污对排污混合区及周边海域沉积物质量的影响范围与程度；
- b) 正常排放条件下，分析各入海排污口预选方案长期连续排污对各生态环境管控单元、海洋生态敏感区和其他海洋环境保护目标所在海域沉积物质量的影响范围与程度；
- c) 1级和2级论证应给出海洋沉积物质量评估因子的累积影响和趋势性描述，明确影响范围与程度。3级论证主要对上述影响做定性分析。

8.3.4 评估结论

评估结论包括：

- a) 入海排污口长期连续排污导致论证海域及周边海域沉积物质量的变化与特征；
- b) 入海排污口长期连续排污对生态环境管控单元海洋沉积物质量的累积影响，明确海洋沉积物质量是否满足区域生态环境质量不降低的要求；
- c) 入海排污口长期连续排污对海洋生态敏感区和其他海洋环境保护目标所在海域沉积物质量的累积影响，明确给出长期影响结论。

8.4 海洋生态影响评估

8.4.1 生物生态与渔业资源影响评估

8.4.1.1 评估因子

根据入海排污口排污特征、论证海域及其周边海域生物生态与渔业资源现状和基本特征，以及区域海洋生态保护需要、物种及其生境保护要求，筛选、确定评估因子。

8.4.1.2 评估方法

参照 HJ 1409、HJ 19、SC/T 9110、HY/T 215 相关要求。

8.4.1.3 评估内容

1级、2级论证应开展以下全部评估内容，3级论证可不开展生物多样性影响分析和生物毒性效应分析，评估内容如下：

- a) 分析入海排污口排污对论证范围内初级生产力、浮游植物、浮游动物、底栖生物、潮间带生物、游泳生物和鱼卵仔稚鱼的种类组成、数量（生物量）、空间分布的影响；对生物资源（含游泳生物、鱼卵仔稚鱼及水产养殖等）的损害影响，参照 SC/T 9110 估算其损失量；结合论证海域的生物多样性现状和变化趋势，分析入海排污口长期连续排污对论证海域生物多样性的影响；
- b) 分析入海排污口排污对海洋生态敏感区的主要生态功能、主要保护对象等的影响，对特殊生境（红树林、珊瑚礁、海草床、海藻场等）的面积、结构、功能以及生境稳定性的影响；
- c) 入海排污口排放 A 类污染物质的，应开展生物毒性效应分析。

8.4.1.4 评估结论

评估结论包括：

- a) 入海排污口长期连续排污对论证海域及周边海域生物生态和渔业资源的影响，包括损害影响、生物多样性影响；
- b) 明确入海排污口长期连续排污对海洋生态敏感区的主要生态功能、主要保护对象等的影响，对特殊生境（红树林、珊瑚礁、海草床、海藻场等）的面积、结构、功能以及生境稳定性的影响。

8.4.2 生物质量影响评估

8.4.2.1 评估因子

根据排放的水污染物类别与生物质量现状特征，按代表性原则确定生物质量影响评估因子，所选取

的评估因子应能反映排放的污水对生物质量的影响状态。生物质量样品种类中宜包括论证范围内有代表性的贝类、甲壳类、定居性鱼类等。

8.4.2.2 评估方法

参照 HJ 442 相关要求，可采用类比分析等方法进行半定量或定性评估。

8.4.2.3 评估内容

1 级和 2 级论证应根据污水排放特征，结合生物质量变化趋势分析结论，分析论证入海排污口长期连续排污对海洋生物质量的影响范围与程度，对邻近海域和海洋生态敏感区生物质量的累积影响。3 级论证主要对上述影响做定性分析。

8.4.2.4 评估结论

评估结论包括：

- a) 入海排污口长期连续排污导致论证海域及周边海域生物质量的变化与特征；
- b) 入海排污口长期连续排污对邻近海域和海洋生态敏感区生物质量的累积影响，明确给出长期影响结论。

9 污染物排放总量分析

9.1 排放总量计算

9.1.1 进行排放总量设计时，应考虑区域已建、在建、拟建入海排污口的叠加影响。

9.1.2 确定排放总量应满足如下约束条件：

- a) 满足入海排污口出水排放标准；
- b) 满足排污混合区控制要求；
- c) 海洋生态敏感区、其他海洋环境保护目标等的预测浓度满足水质目标要求。

9.2 排污混合区计算

9.2.1 论证因子

论证因子选择参照 8.2.1；论证因子背景浓度的选择参照 8.2.3。

9.2.2 排污混合区计算方法确定

9.2.2.1 计算要求

计算要求包括：

- a) 1 级、2 级论证应采用精细评估或详细评估的方法确定其排污混合区范围。对于垂向密度均匀分布或者线性分层的海域，可采用量纲分析法进行模拟求解；对于环境水体分层复杂且附近存在海洋生态敏感区，无法采用量纲分析法求解的，可采用积分方程离散求解；对于无法采用量纲分析法或积分方程方法模拟的情况，为准确估算排污混合区，可采用紊流模型进行模拟；
- b) 3 级论证可采用简单近似方法确定排污混合区范围。

9.2.2.2 简单近似

简单近似要求包括：

- a) 可采用排污混合区经验估算公式（见附录 D）估算排污混合区半径；
- b) 应根据实际情况选择相应的计算公式，对于近岸或河口水域的入海排污口，建议采用公式 D.3 推算排污混合区半径；对于离岸或开阔海域的入海排污口，公式 D.1 和 D.2 均可采用，原则上取两者中较小值确定为排污混合区半径；
- c) 在河口区的入海排污口，根据经验估算公式计算得到的排污混合区横向范围宽度不得超过河口宽度的 1/4。

9.2.2.3 详细评估

详细评估要求包括：

- a) 应采用满足验证要求的近区混合模型（量纲分析法或积分方程，参见附录 E）与远区稳态模型预测排污混合区的长度及范围；
- b) 应采用最不利水文设计条件分析排污混合区范围。

9.2.2.4 精细评估

精细评估要求包括：

- a) 近区采用动态的三维计算模型，并采用满足验证要求的 $k-\epsilon$ 双方程模型等紊流模型（附录 E），远区采用满足验证要求的二维或三维水流水质模型；
- b) 选择最不利季节进行预测，一般要考虑入海排污口出流与环境水体密度分层特征等综合影响；
- c) 根据潮汐周期、径流、风等引起的海流特性，一般模拟不应少于一个完整的大潮-小潮-大潮或小潮-大潮-小潮连续过程，且考虑扩散条件最为不利的情况；
- d) 近区范围控制在排污混合区周边海域，一般可取入海排污口所在海域最大主导流向上下游各 20 倍水深的范围，远区范围根据实际确定；特大型入海排污口可根据实际情况确定近区、远区范围。

9.2.3 排污混合区的确定

排污混合区的确定要求包括：

- a) 按照 9.2.2 计算实际排污混合区，采用最小规则形状（圆形、椭圆形、方形等）划定排污混合区，该范围至少包括入海排污口各个污染因子排放导致的超标区，排污混合区范围之外不造成超标；
- b) 严格控制排污混合区面积，不得因排污混合区的设置而改变海域使用功能或导致海域环境质量超过相应目标要求；
- c) 主要污染物排污混合区边缘控制线应预留足够安全余量，受纳水体为 GB 3097 二类、三类、四类水质的海域，安全余量按照边缘控制线处环境质量标准限值的 8% 确定（安全余量 \geq 环境质量标准限值 $\times 8\%$ ）；地方如有更严格的环境管理要求，按地方要求执行。

9.3 排放总量分析结论

排放总量分析结论包括：

- a) 定量给出相应排污混合区下主要污染物的排放总量；
- b) 给出相应排污混合区下主要污染物的排放总量对应的包络范围，并附图表。

9.4 污染物排放总量控制建议

9.4.1 结合区域污染控制规划要求，评估入海排污口污染物排放总量是否符合区域污染控制要求与环境质量目标管理要求。

9.4.2 污染物排放总量若小于入海排污口后方建设项目所需排放量，建议将该排放总量作为申报固定源排污许可的依据；对一个入海排污口对应多个排污单位的，还应将入海排污口污染物排放总量分配到各个排污单位。

10 合理性分析

10.1 分析入海排污口设置与区域环境质量目标要求的相符性，分析入海排污口位置、主要污染物排放浓度和排放量是否符合对应的海水水质、海洋沉积物质量和海洋生态保护等要求，是否有制约因素等。

10.2 对于确有必要在环境质量不达标海域设置入海排污口的，充分论证设置的必要性，并明确相关措施。

HJ 1406—2024

10.3 分析入海排污口设置与防洪、通航等安全要求的相符性，与论证范围内已建、在建、拟建取水口的位置关系及合理性。

10.4 比选不同入海排污口设置方案，对于推荐的入海排污口设置方案，说明推荐理由并提出建议；对于有制约因素且可以采取减缓措施减缓的，给出可操作性的减缓措施和有条件的结论。

10.5 明确给出入海排污口设置合理性分析结论。

11 论证结论

根据入海排污口设置后污水排放对海水水质、海洋沉积物质量、海洋生态影响预测与评估结论，明确给出入海排污口设置推荐方案，提出入海排污口主要入海污染物排放总量、海洋生态环境保护措施等建议。

附录 A
(资料性附录)

A、B、C 类污染物质名录

表 A.1 A、B、C 类污染物质名录

分类	项目
A 类	会对海洋生态环境产生较大影响，且在环境或动、植物体内累积，对人体健康产生长远不良影响的污染物质，包括 GB 8978 规定的第一类污染物、各行业规定在车间或生产设施污水排放口进行监测的项目、各行业规定在总排口进行监测且被纳入《优先控制化学品名录》《关于持久性有机污染物的斯德哥尔摩公约》或美国优控污染物清单的项目，如总汞、烷基汞、总镉、总铬、六价铬、总砷、总铅、总镍、苯并(a)芘、总铍、总银、总 α 放射性、总 β 放射性、可吸附有机卤素(AOX)、钍、铀总量、氟化物、总钒、总钡、总锶、总钴、总钼、总锡、总锑、总铊、多环芳烃、TNT、DNT、RDX、活性氯、聚乙烯、莠去津、氟虫腈、苯、甲苯、邻二甲苯、间二甲苯、对二甲苯、乙苯、丙烯腈、苯酚、氯苯、1,4-二氯苯、总硒、苯系物、氯苯类、急性毒性(HgCl ₂ 毒性当量)、一氯二溴甲烷、二氯一溴甲烷、二氯甲烷、1,2-二氯乙烷、三氯甲烷、1,1,1-三氯乙烷、三溴甲烷、氯乙烯、1,1-二氯乙烯、1,2-二氯乙烯、三氯乙烯、四氯乙烯、六氯丁二烯、1,2-二氯苯、三氯苯、四氯苯、多氯联苯、邻苯二甲酸二正丁酯、邻苯二甲酸二辛酯、四氯化碳、四乙基铅、二噁英类、甲醛、乙醛、总氰化合物 ^a 等。
B 类	会对海洋生态环境产生影响，但长远影响小于 A 类污染物的污染物质，包括 GB 8978 规定的第二类污染物、各行业规定在总排口进行监测且未被纳入《优先控制化学品名录》《关于持久性有机污染物的斯德哥尔摩公约》或美国优控污染物清单的项目，如 pH、色度、悬浮物、五日生化需氧量、化学需氧量、石油类、动植物油、挥发酚、硫化物、氨氮、氟化物、磷酸盐(以 P 计)、苯胺类、硝基苯类、阴离子表面活性剂(LAS)、总铜、总锌、总锰、彩色显影剂、显影剂及氧化物总量、元素磷、有机磷农药(以 P 计)、粪大肠菌群数、总余氯、总氮、总磷、总有机碳、总铝、总铁、氯化物、无机氮、活性磷酸盐、苯乙烯、环氧氯丙烷、双酚 A、丙烯酸、2-氯-5-氯甲基吡啶、咪唑烷、吡虫啉、三唑酮、对氯苯酚、多菌灵、邻苯二胺、吡啶、百草枯离子、2,2':6',2''-三联吡啶、二甲基甲酰胺、乙腈、总大肠菌群数、环氧氯丙烷、氯丁二烯、异丙苯、三氯乙醛、萘酚、2,4-二氯酚、2,4,6-三氯酚、二(2-乙基己基)己二酸酯、丙烯酸胺等。
C 类	可能引起水体中温度、盐度等指标变化，影响海洋生态环境的污染物质，如温排水、冷排水、浓盐水等。
^a 氢氰酸、全部简单氰化物(多为碱金属和碱土金属的氰化物)和锌氰络合物属于 A 类；铁氰络合物、亚铁氰络合物、铜氰络合物、镍氰络合物、钴氰络合物属于 B 类。	

附 录 B
(资料性附录)
入海排污口设置论证报告编制提纲

论证报告包括以下全部或部分章节内容。如有需要，其中的有关章节内容可另行编制成册。依据入海排污口设置项目的特点和论证的具体内容，可对下列章节及内容适当增设或删除。

1 总论

- 1.1 论证任务由来与目的
- 1.2 编制依据
- 1.3 执行标准
- 1.4 海域环境功能属性与环境保护目标
- 1.5 合法性分析
- 1.6 论证工作等级
- 1.7 环境调查范围与论证重点

2 环境概况

- 2.1 入海排污口所在区域自然环境概况
- 2.2 区域社会经济状况与开发利用现状
- 2.3 水文动力条件调查与分析

3 工程污染分析

- 3.1 入海排污口设置工程污染分析
- 3.2 区域污染源调查与分析

4 海洋生态环境现状调查与评价

- 4.1 海水水质现状调查与评价
- 4.2 海洋沉积物质量现状调查与评价
- 4.3 海洋生态现状调查与评价

5 海洋生态环境影响预测与评估

- 5.1 海水水质环境影响预测
- 5.2 海洋沉积物环境影响评估
- 5.3 海洋生态影响评估

6 污染物排放总量分析

- 6.1 主要污染物排放总量分析
- 6.2 主要污染物排放总量控制建议

7 合理性分析

- 7.1 入海排污口设置方案比选
- 7.2 合理性分析结论

8 结论与建议

- 8.1 入海排污口设置方案
- 8.2 污染物排放总量控制建议
- 8.3 海洋生态环境保护措施建议

附 录 C
(资料性附录)
污染源调查

C.1 入海排污口及后方建设项目概况

C.1.1 应详细阐明依托入海排污口排污的后方建设项目的名称、性质、地理位置（应附图件）、建设规模与投资规模（扩大项目应说明原有规模）、总体布置（应附平面图）；工程占用（利用）海岸线、滩涂、海域和陆域等情况，包括其类型、利用方式、范围和面积等；工程污水来源、工程污水处理工艺（应附流程图表）、管线路由（应附管线路由图）、主要污染物排放种类与排放量等、污水处理工程和排污利用现状。

C.1.2 明确拟设入海排污口的地理位置（应附图件）、排污口大小、排放规模、排放时间、排放规律、污染物种类和排放量、各类污染物排放浓度等。

C.1.3 有特殊需求的入海排污口设置的工程分析内容应根据具体情况适当增加或调整。

C.2 区域污染源调查

C.2.1 已建、在建、拟建入海排污口（已审批或备案）污染源调查内容，主要包括：入海排污口名称、地理位置（应附图件）、入海排污口大小、排污许可证编号或排污登记编号、排放规模、排放时间、排放规律、污染物种类和排放量、各类污染物排放浓度等。

C.2.2 同一海域入海河流调查内容，主要包括：入海河流名称、位置（应附图件）、流量、主要污染物浓度、闸口布设与开放规律等。

附 录 D
(规范性附录)
排污混合区经验估算公式

D.1 基于入海排污口流量的估算方法

D.1.1 适用范围

该方法适用于对开阔海域离岸入海排污口的排污混合区进行简单估算的情况。

D.1.2 经验公式

可采用如下公式根据污水排放量推算排污混合区半径：

Fetterolf 公式：

$$M < 9.78Q^{1/3} \dots\dots\dots (D.1)$$

Mackenthun 公式：

$$M < 0.991Q^{1/2} \dots\dots\dots (D.2)$$

式中：M——离排放点任何方向排污混合区不应超过的半径，m；

Q——污水排放量，m³/d。

D.2 基于水深的估算方法

D.2.1 适用范围

该方法适用于对近岸或河口区入海排污口的排污混合区进行简单估算的情况。

D.2.2 经验公式

可根据入海排污口处的平均水深推算排污混合区半径：

$$M < NH_{avg} \dots\dots\dots (D.3)$$

式中：N——调和因子，取值为 1~10，其大小根据水体和生态敏感性调整，对于附近存在高度敏感水体 N 取值必须为 1；

H_{avg}——入海排污口处的平均水深，m。

附 录 E
(资料性附录)
浮射羽流模拟方法简介

E.1 量纲分析法

E.1.1 适用范围

本方法适用于静水或者恒定横流环境下，垂向密度均匀分布或者线性分层的海域的纯射流、浮力羽流和浮射流的模拟计算。

E.1.2 静水不分层环境

射流、羽流和浮射流可以采用射流浮力弗汝德数 F_0 进行定量区分：

$$F_0 = \frac{u_0}{\sqrt{\frac{\Delta\rho_0}{\rho_0} gD}} \dots\dots\dots (E.1)$$

式中： u_0 ——射流出口流速；

$\Delta\rho_0$ ——排出的流体密度 ρ_0 与射流出口处环境流体的密度 ρ_a 之差；

g ——重力加速度；

D ——圆形射流的出口直径，若为平面线源射流，可以射流出口宽度 b 取代之。

流态分类见表 E.1：

表 E.1 流态分类

弗汝德数 F_0	类 型
$F_0 < 1$	羽 流
$1 \leq F_0 < \infty$	浮射流
$F_0 \rightarrow \infty$	射 流

(1) 静水条件下的纯射流公式

表 E.2 静水条件下的射流公式

特性	点源射流 ($x \geq 6.2D$)	线源射流 ($x \geq 5.2B$)
射流半宽	$b = 0.114x$	$b = 0.154x$
中心线流速	$\frac{u_c}{u_0} = 6.2 \left(\frac{D}{x} \right)$	$\frac{u_c}{u_0} = 2.28 \left(\frac{B}{x} \right)^{1/2}$
中心线浓度 (不计本底)	$\frac{c_c}{c_0} = 5.59 \left(\frac{D}{x} \right)$	$\frac{c_c}{c_0} = 1.97 \left(\frac{B}{x} \right)^{1/2}$
中心线稀释度	$S_C = \frac{c_0}{c_c} = 0.18 \left(\frac{x}{D} \right)$	$S_C = 0.51 \left(\frac{x}{B} \right)^{1/2}$

续表

特性	点源射流 ($x \geq 6.2D$)	线源射流 ($x \geq 5.2B$)
平均稀释度	$\bar{S}_c = \frac{Q}{Q_0} = 0.32 \left(\frac{x}{D} \right)$	$\bar{S} = 0.62 \left(\frac{x}{B} \right)^{1/2}$

式中： x ——断面到射流源点（或射流源中心）的距离；

D ——圆形射流出口直径；

b ——射流半宽；

u_c ——中心线流速；

u_0 ——射流出口流速；

c_c ——中心线浓度；

c_0 ——射流出口处浓度；

S_c ——中心线稀释度；

Q ——任意断面体积流量；

Q_0 ——出口体积流量；

B ——射流源长度。

(2) 静水条件下的浮力羽流公式

表 E.3 静水条件下的浮力羽流公式

特性	点源浮力羽流	线源浮力羽流
浮力羽流半宽	$b = 0.102z$	$b = 0.147z$
中心线流速	$u_c = 4.74B^{1/3}z^{-1/3}$	$u_c = 2.05B^{1/3}$
中心线浓度 (不计本底)	$c_c = 11.17Q_0c_0B^{-1/3}z^{-5/3}$	$c_c = 2.40q_0c_0B^{-1/3}z^{-1}$
中心线稀释度	$S_c = \frac{c_0}{c_c} = 0.089Q_0^{-1}B^{1/3}z^{5/3}$	$S_c = \frac{c_0}{c_c} = 0.417q_0^{-1}B^{1/3}z$
平均稀释度	$\bar{S} = \frac{Q}{Q_0} = 0.156Q_0^{-1}B^{1/3}z^{5/3}$	$\bar{S} = \frac{q}{q_0} = 0.535q_0^{-1}B^{1/3}z$

式中： b ——浮力羽流半宽；

z ——垂向坐标；

B ——比动量通量，对于圆形断面浮力羽流， $B = \frac{\Delta\rho_0}{\rho_a}gQ_0$ ，对于平面浮力羽流， $B = \frac{\Delta\rho_0}{\rho_a}gq_0$ ；

Q_0 ——出口体积流量；

c_c ——中心线浓度；

c_0 ——射流出口处浓度；

S_c ——中心线稀释度；

u_c ——中心线流速；

Q ——任意断面体积流量；

q_0 ——出口单位宽度体积流量。

(3) 静水条件下的浮射流公式

不考虑过渡区的情况下，采用流体特征长度 l_Q 和动量特征长度 l_M 区分：

a. 如果 $7.0l_Q \leq z \leq 2.36l_M$ ，可作为射流处理，采用纯射流计算公式；

b. 如果 $\frac{z}{l_M} > 2.36l_M > 7.0l_Q$ ，可作为浮力羽流处理，采用浮力羽流计算公式。

其中 l_Q 和 l_M 计算公式如下：

$$l_Q = \frac{Q_0}{M_0^{1/2}} = \sqrt{A_0} = \sqrt{\frac{\pi}{4}} D \dots\dots\dots (E.2)$$

$$l_M = \frac{M_0^{3/4}}{B_0^{1/2}} \dots\dots\dots (E.3)$$

式中： Q_0 ——出口总体积流量；
 M_0 ——出口动量通量；
 A_0 ——出口断面面积；
 D ——出口直径；
 B_0 ——出口处浮力通量。

E.1.3 静水线性分层环境

(1) 静水线性分层浮力羽流

表 E.4 线性分层条件下浮力羽流计算公式

特性	点源浮力羽流	线源浮力羽流
最大上升高度	$z_m = 3.98(Q_0 g_0')^{1/4} \left(-\frac{g}{\rho_a} \frac{d\rho_a}{dz}\right)^{-3/8}$	$z_m = 2.84(q_0 g_0')^{1/3} \left(-\frac{g}{\rho_a} \frac{d\rho_a}{dz}\right)^{-1/2}$
加速度	$g_0' = \frac{\rho_a(0) - \rho_0}{\rho_0}$	$g_0' = Q_0 / L_D$
最大高度处中心线稀释度	$S_m = 0.071 \frac{g_0'^{1/3} z_m^{5/3}}{Q_n^{2/3}}$	$S_m = 0.31 \frac{g_0'^{1/3} z_m}{q_0^{2/3}}$

式中： Q_0 ——出口总体积流量；
 q_0 ——单位宽度体积流量；
 ρ_0 ——排出的流体在出口处密度；
 $\rho_a(0)$ ——排口所在高度环境流体的密度；
 L_D ——线源（或者污水扩散器）的长度；
 z ——垂向坐标。

(2) 静水线性分层浮射流

表 E.5 线性分层环境中浮射流最大上升高度及平均稀释度

特性	点源射流源	
	$S \gg 1$	$S \ll 1$
最大上升高度	$z_m = 3.8(M_0 / N^2)^{1/4}$	$z_m = 3.8(B_0 / N^3)^{1/4}$
无量纲平均稀释度	$1.2S^{-1/4}$	$1.5S^{-5/8}$
特性	线源射流源	
	$S \gg 1$	$S \ll 1$
最大上升高度	$z_m = 3.6(M_0 / N^2)^{1/3}$	$z_m = 2.5(B_0 / N^3)^{1/3}$
无量纲平均稀释度	$0.82S^{-1/6}$	$1.0S^{-1/2}$

式中， S 为无量纲量，

$$S = \left(\frac{M_0 N}{B_0}\right)^2, N = \sqrt{-\frac{g}{\rho_0} \frac{d\rho_a}{dz}} \dots\dots\dots (E.4)$$

- ρ_a ——环境水体密度；
- ρ_0 ——排出的流体密度；
- M_0 ——出口动量通量；
- B_0 ——出口处浮力通量。

E.1.4 横流环境浮射流

(1) 不分层横流环境浮射流

在近区，横流中浮射流各特性与静水中相似，包括轴线上的流速变化和稀释度，因此前述得到的动量射流和浮力射流公式可照用，只是参数不同。采用无量纲特征长度 l_m 和 l_b 给出近、远区公式：

表 E.6 不分层横流中浮射流轨迹和轴线流速及稀释度关系

流型	动量作用近区	动量作用远区	浮力作用近区	浮力作用远区
轨迹	$\frac{z}{l_m} = C_1 \left(\frac{x}{l_m}\right)^{1/2}$	$\frac{z}{l_m} = C_2 \left(\frac{x}{l_m}\right)^{1/3}$	$\frac{z}{l_b} = C_3 \left(\frac{x}{l_b}\right)^{3/4}$	$\frac{z}{l_b} = C_4 \left(\frac{x}{l_b}\right)^{2/3}$
轴线速度	$\frac{u_c}{u_a} = E_1 \frac{l_m}{z}$	$\frac{u_c}{u_a} = E_2 \left(\frac{l_m}{z}\right)^2$	$\frac{u_c}{u_a} = E_3 \left(\frac{l_b}{z}\right)^{1/3}$	$\frac{u_c}{u_a} = E_4 \left(\frac{l_b}{z}\right)^{1/2}$
稀释度	$\frac{SQ_0}{u_a l_m^2} = D_1 \left(\frac{z}{l_m}\right)$	$\frac{SQ_0}{u_a l_m^2} = D_2 \left(\frac{z}{l_m}\right)^2$	$\frac{SQ_0}{u_a l_b^2} = D_3 \left(\frac{z}{l_b}\right)^{5/3}$	$\frac{SQ_0}{u_a l_b^2} = D_4 \left(\frac{z}{l_b}\right)^2$

其中参数 $E_1 \sim E_4$ 需根据实验确定， $C_1 \sim C_4$ 、 $D_1 \sim D_4$ 参考值见表 E.7：

表 E.7 各式参数

参数	C_1	C_2	C_3	C_4	D_1	D_2	D_3	D_4
模型预测	2.65	1.3	2.3	1.1	0.17	0.56	0.087	0.55
Wright 实验 (1984)	2.3	1.9	2.5	1.7	0.2	0.25	0.12	0.25

(2) 密度分层横流环境浮射流

表 E.8 密度分层横流中浮射流最大上升高度及稀释度估算公式

流型	动量作用近区	动量作用远区	浮力作用近区	浮力作用远区
最大上升高度	$\frac{z_t}{l_m} = k_1 \left(\frac{l_a}{l_m}\right)^{1/2}$	$\frac{z_t}{l_m} = k_2 \left(\frac{l_a}{l_m}\right)^{1/3}$	$\frac{z_t}{l_b} = k_3 \left(\frac{l_a}{l_b}\right)^{3/4}$	$\frac{z_t}{l_b} = k_4 \left(\frac{l_a}{l_b}\right)^{2/3}$
最大上升高度处的稀释度	$\frac{S_m Q_0}{u_a l_m^2} = k_5 \left(\frac{z_t}{l_m}\right)$	$\frac{S_m Q_0}{u_a l_m^2} = k_6 \left(\frac{z_t}{l_m}\right)^2$	$\frac{S_m Q_0}{u_a l_b^2} = k_7 \left(\frac{z_t}{l_b}\right)^{5/3}$	$\frac{S_m Q_0}{u_a l_b^2} = k_8 \left(\frac{z_t}{l_b}\right)^2$

其中各式参数见表 E.9：

表 E.9 各式参数

系数	k_1	k_2	k_3	k_4
取值	2.8	2.2	3.5	2.3

其中最大上升高度处的稀释度估算公式系数没有给出，建议可取用无密度分层的横流情况的 $D_1 \sim D_4$ 值，但原则上仍以取用较为保守值为妥。

E.2 积分方程方法

E.2.1 适用范围

本模型方法适用于一般的水下排放单入海排污口或者多入海排污口的排放角度为 $-5 \sim 90$ 度的近区浮射流模拟。

E.2.2 UM 浮射羽流模型

(1) 基本方程

该模型由浮射流方程、动量守恒方程、能量守恒方程、盐度守恒方程、一级衰减方程等 5 个方程组成：

$$\frac{dm}{dt} = -\rho \bar{A}_p \cdot \bar{U} + \rho A_T v_i \quad \dots\dots\dots (E.5)$$

$$\frac{d\bar{V}}{dt} = \bar{U} \frac{dm}{dt} - m \frac{\rho_a - \rho}{\rho} \bar{g} \quad \dots\dots\dots (E.6)$$

$$\frac{dm C_p (T - T_{ref})}{dt} = C_p (T_a - T_{ref}) \frac{dm}{dt} \quad \dots\dots\dots (E.7)$$

$$\frac{dm S}{dt} = S_a \frac{dm}{dt} \quad \dots\dots\dots (E.8)$$

$$\frac{dm x}{dt} = X_a \frac{dm}{dt} - k m t \quad \dots\dots\dots (E.9)$$

式中： m ——羽流单元的质量；

\bar{A}_p ——在包含流矢量的一个垂向平面内的一个矢量，大小等于投影面积；

\bar{U} ——通过投影面积的平均环境流速矢量；

A_T ——羽流单元与环境流体接触的面积；

v_i ——泰勒引吸速度，且有 $v_i = \alpha |\bar{V}|$ ， α 为比例系数， \bar{V} 为平均羽流单元速度；

ρ_a ——环境单元密度；

ρ ——平均单元密度；

\bar{g} ——重力矢量；

C_p ——常压下定压比热；

T ， T_a 和 T_{ref} ——分别为平均单元温度、环境温度和任意参考温度；

S 和 S_a ——平均单元盐度和环境盐度；

X 和 X_a 分别为污染物浓度和环境浓度；

k ——一级反应衰减系数。

(2) 边界条件、初始条件及其他相关关系

各个单元的位置通过轨迹方程获得：

$$\frac{d\bar{R}}{dt} = \bar{V} \dots\dots\dots (E.10)$$

式中： \bar{R} 为质点的半径矢量（单元中心）。另外需要知道初始条件包括：排放流速、温度、盐度和浓度，环境流速、温度、盐度和浓度，以及排口半径、数目、间距和排放角度等。

E.3 紊流方程模型

E.3.1 适用范围

本方法适用于动水环境下需要对入海排污口近区浮射流进行精细分析的海域。

E.3.2 控制方程

各向异性紊流 k - ε 双方程模型的连续方程、动量方程、浓度方程、密度方程和 k 、 ε 方程可表示如下：

$$\frac{\partial \rho}{\partial t} + \frac{\partial(\rho u_i)}{\partial x_i} = 0 \dots\dots\dots (E.11)$$

$$\frac{\partial(\rho u_i)}{\partial t} + \frac{\partial(\rho u_i u_j)}{\partial x_j} = -\frac{\partial p}{\partial x_i} + \frac{\partial}{\partial x_j} \left[(v + v_i) \left(\frac{\partial u_i}{\partial x_j} + \frac{\partial u_j}{\partial x_i} \right) \right] \dots\dots\dots (E.12)$$

$$\frac{\partial \rho c}{\partial t} + \frac{\partial(\rho u_i c)}{\partial x_i} = \frac{\partial}{\partial x_i} \left[\left(v + \frac{v_i}{\sigma_i} \right) \frac{\partial c}{\partial x_i} \right] \dots\dots\dots (E.13)$$

$$\frac{\partial \rho^2}{\partial t} + \frac{\partial(u_i \rho^2)}{\partial x_i} = \frac{\partial}{\partial x_i} \left[\left(v + \frac{v_i}{S_c} \right) \frac{\partial \rho}{\partial x_i} \right] \dots\dots\dots (E.14)$$

$$\frac{\partial(\rho k)}{\partial t} + \frac{\partial(\rho u_i k)}{\partial x_i} = \frac{\partial}{\partial x_i} \left[\left(v + \frac{v_i}{\sigma_k} \right) \frac{\partial k}{\partial x_i} \right] + G - \rho \varepsilon \dots\dots\dots (E.15)$$

$$\frac{\partial(\rho \varepsilon)}{\partial t} + \frac{\partial(\rho u_i \varepsilon)}{\partial x_i} = \frac{\partial}{\partial x_i} \left[\left(v + \frac{v_i}{\sigma_\varepsilon} \right) \frac{\partial \varepsilon}{\partial x_i} \right] + C_1 \frac{\varepsilon}{k} G - C_2 \rho \frac{\varepsilon^2}{k} \dots\dots\dots (E.16)$$

式中： $v_i = \frac{\rho C_v k^2}{\varepsilon}$ ， $G = v_i \left(\frac{\partial u_i}{\partial x_j} + \frac{\partial u_j}{\partial x_i} \right) \frac{\partial u_i}{\partial x_j}$ ；

t ——时间；

u_i ——速度分量；

x_i ——坐标分量；

p ——压力；

ρ ——流体密度；

ν ——分子动力粘性系数；

ν_t —— $\nu_t = \rho C_v k^2 / \varepsilon$ ，紊动粘性系数；

c ——污染物浓度；

σ_i ——紊动普朗特系数，取值 0.85~0.9；

S_c —— $S_c = 0.614$ ；

HJ 1406—2024

k ——紊动动能；

ε ——紊动耗散率。

对于 RNG k - ε 紊流模型来说，上述各式中的紊流模型参数如下：

$$C_v = 0.085 ; \quad C_1 = 1.42 - \frac{\tilde{\eta}(1 - \tilde{\eta} / \tilde{\eta}_0)}{1 + \beta \tilde{\eta}^3} ; \quad C_2 = 1.68 ; \quad \sigma_k = 0.7179 ; \quad \sigma_\varepsilon = 0.7179 ; \quad \tilde{\eta} = Sk / \varepsilon ;$$

$$S = (2S_{i,j}S_{i,j})^{1/2} ; \quad \tilde{\eta}_0 = 4.38 ; \quad \beta = 0.015 ; \quad S_{i,j} = \frac{1}{2} \left(\frac{\partial u_i}{\partial x_j} + \frac{\partial u_j}{\partial x_i} \right)。$$